



Zařízení pro posuvný odtah skládaného filtru

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T010 – Konstrukce strojů a zařízení
Autor práce: **Bc. Martin Kulič**
Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Kopal, CSc.
Číslo práce: KTS – M261

Prohlášení:

Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se vztahuje zákon č.121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL), nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Tímto chci poděkovat všem, kteří mi při zpracování této diplomové práce podali pomocnou ruku. Zejména vedoucímu mojí diplomové práce, panu Ing. Jaroslavu Kopalovi, CSc. a konzultantu doc. Ing. Martinu Bílkovi, Ph.D., za množství užitečných rad a bezproblémové konzultace. Mé poděkování patří také mé rodině, za podporu po celou dobu studia.

Abstrakt

Úkolem této diplomové práce je najít náhradu současného řešení odtahu skládaného filtru. Současný rotační systém je v této práci podroben analýze. Následuje výčet možných způsobů řešení posuvného odtahu. V poslední části práce je popsáno konstrukční řešení zařízení pro posuvný odtah skládaného filtru, včetně popisu funkce, kontroly z hlediska silového namáhání a výpisu ceny některých použitých prvků. Hlavní přílohu tvoří kompletní výkresová dokumentace zařízení.

Klíčová slova: odtah, sklad, skládaný filtr, nanovlákná, filtrační vložka

Abstract

The objective of this diploma thesis is to find replacement of the existing solution for the towage of the folded filter. The current rotation system is analyzed. There is made a list of possible ways of solving the sliding towage. The last part describes the structural design of the device for the sliding towage of the folded filter. Some calculations and price evaluations are included. The main attachment consists of the complete design documentation.

Key words: towage, fold, folded filter, nanofibers, filter cartridge

Obsah

Seznam použitých symbolů	8
Úvod.....	9
1. Zhodnocení současného stavu rotačního odtahu	11
1.1 Schéma zařízení na tvorbu fixovaných skladů.....	11
1.2 Současný způsob odtahu (rotační s vačkou a kyvnými křídly).....	12
1.2.1 Analýza současného řešení odtahového zařízení.....	13
1.2.2 Výhody současného řešení.....	15
1.2.3 Problémy současného řešení	15
1.2.4 Závěr analýzy.....	15
2. Možnosti řešení lineárního odtahového zařízení	16
2.1 Režimy lineárního odtahu	16
2.2 Vzájemné uspořádání členů	20
2.3 Možnosti uspořádání uchopovacího členu	20
2.3.1 Vrchní část uchopovacího členu	20
2.3.1.1 Pevná čepel	21
2.3.1.2 Odpružená čepel	21
2.3.1.3 Nezávislé odpružené čepele	21
2.3.2 Spodní část uchopovacího členu.....	21
2.3.2.1 Rovný segment bez bočního držení.....	21
2.3.2.2 Drážkovaný segment	22
2.3.2.3 Tvarový segment s výměnnou vložkou	22
2.3.3 Možnosti pro celkové schéma.....	22
2.3.3.1 Pevný spodní člen, posuvný vrchní člen	22
2.3.3.2 Oba členy posuvné	24
2.3.3.3 Oba členy kyvné	25

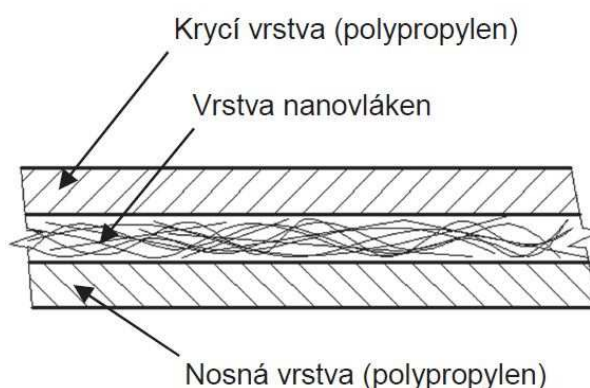
2.3.3.4	Řešení pomocí pásu	26
3.	Konstrukční řešení a výpočty	28
3.1	Volba řešení odtahu.....	28
3.1.1	Volba režimu.....	28
3.1.2	Volba uspořádání	28
3.1.3	Volba Celkového schématu	28
3.2	Volba pohonných jednotek	29
3.2.1	Volba nosného členu.....	29
3.2.2	Volba pohonů uchopovacích členů.....	30
3.3	Konstrukční řešení	31
3.3.1	Celkový pohled na zařízení.....	31
3.3.2	Vrchní část čelistí.....	32
3.3.3	Spodní část čelistí	33
3.3.4	Odtahový člen	33
3.3.5	Fixační člen.....	35
3.3.6	Detail zachycení.....	36
3.4	Pracovní cyklus	36
3.5	Kontrola pohonů.....	38
3.5.1	Kontrola lineárního pohonu z hlediska zátěže.....	38
3.5.2	Kontrola pneumatických pohonů z hlediska zátěže.....	39
3.5.3	Čas návratu na začátek cyklu.....	40
3.6	Pneumatické prvky	40
3.7	Zhodnocení ceny zařízení	41
4.	Závěr.....	42
5.	Seznam použité literatury	43
6.	Seznam obrázků.....	44
7.	Seznam příloh.....	45

Seznam použitých symbolů

Symbol	Popis	Jednotky
M_z	Přípustný zatěžovací moment jednotky ELGR v ose z	N·m
m_{oj}	Hmotnost odtahové jednotky	kg
G	Tíhové zrychlení ($9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
a	Maximální zrychlení jednotky ELGR	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
x_{oj}	Vyložení odtahové jednotky	m
F_{max}	Síla pružiny při plném stlačení	N
$T_{zč}$	Čas zavření čelistí	s
$T_{oč}$	Čas otevření čelistí	s
T_{LP}	Čas přejezdu jednotky ELGR	s
T_c	Čas pro návrat odtahové jednotky na počátek cyklu	s

Úvod

Filtrace je metoda dělení pevné látky od kapaliny či plynu na porézní přepážce - filtru [3]. Z důvodu zlepšení účinnosti a životnosti filtračních vložek je snaha zvětšit účinnou plochu filtrační vložky. Tohoto je dosahováno vytvořením ohybů na ploše filtračního materiálu. Pokud je filtračním materiálem textilní látka (v našem případě vícevrstvá netkaná textilie z nanovláken (Obr. 1)), nelze použít technologii rylování (používanou při výrobě skladů u papírových filtrů). Tento postup by měl za následek poškození textilního materiálu [1].



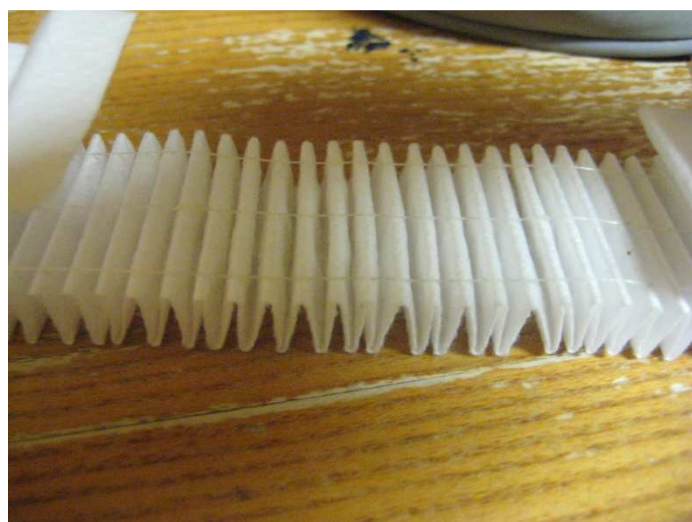
Obr. 1 Textilní pásek z nanovláken v řezu [1]

Z tohoto důvodu je momentálně na Technické univerzitě v Liberci vyvíjeno zařízení na tvorbu fixovaných skladů. Důležitou součástí tohoto zařízení je odtahové zařízení, které se nemalou měrou podílí na výsledném tvaru a kvalitě skladů. Současné řešení odtahového zařízení pomocí drážkovaného bubnu s vačkou a kyvnými křídly je nevyhovující. Cílem této diplomové práce je nalézt alternativní řešení odtahu, aplikací lineárních posuvů.

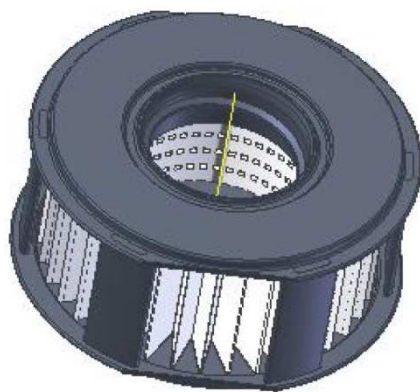
Předlohou tohoto zařízení je rovinný textilní pásek (Obr. 2) a 3 bikomponentní nitě. Produktem je textilní pásek, který je složen v klínovitém tvaru. V tomto tvaru je držen pomocí 3 přilepených bikomponentních nití (Obr. 3). Finálním výrobkem je kruhová filtrační vložka do obličejové masky, zabezpečující filtraci nežádoucích částic, jako viry, bakterie a nečistoty [1] (Obr. 4).



Obr. 2 Rovinný textilní pásek [1]



Obr. 3 Složený pásek

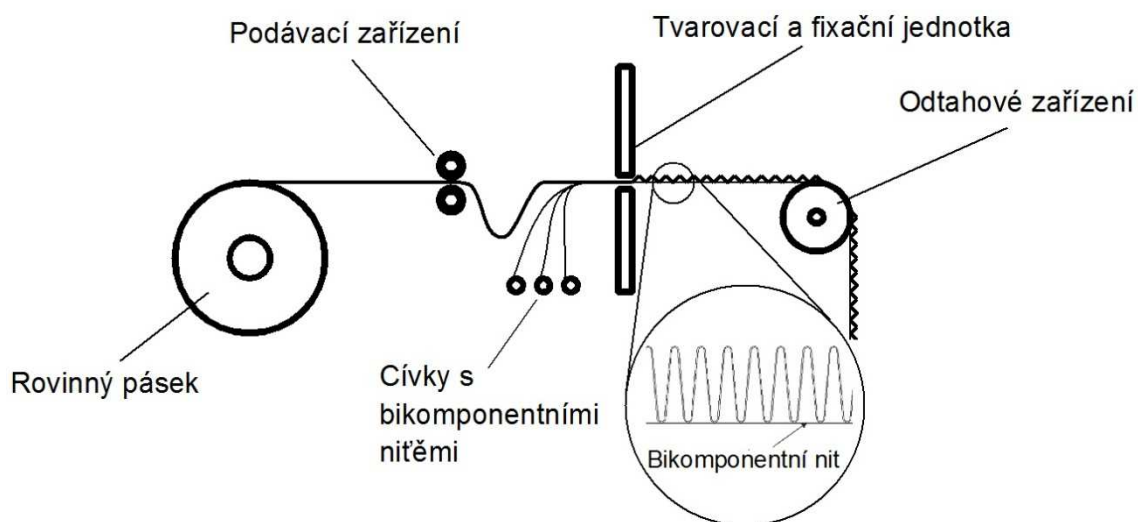


Obr. 4 Kruhová filtrační vložka[2]

1. Zhodnocení současného stavu rotačního odtahu

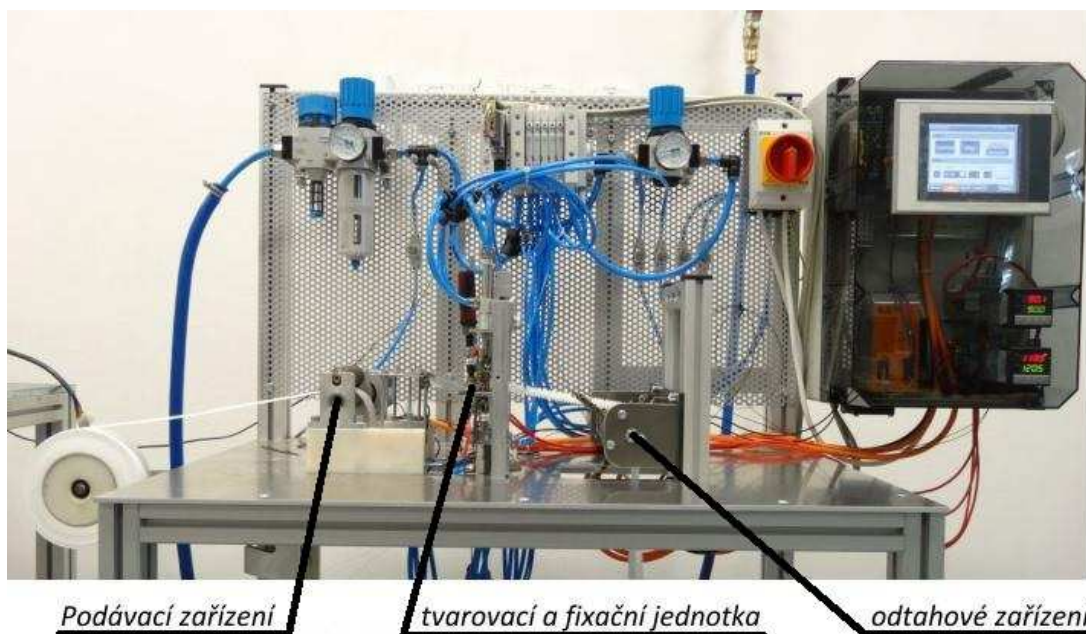
1.1 Schéma zařízení na tvorbu fixovaných skladů

Schéma celého zařízení je zobrazeno na obr. 5. Rovinný pásek je odvíjen z kotouče pomocí odtahového zařízení, které tvoří mezizásobu materiálu před tvarovací a fixační jednotkou. Mezizásoba je nezbytná, neboť pásek musí být dodáván do fixační a tvarovací jednotky s minimálním napětím. Zespolu jsou z cívek přiváděny 3 bikomponentní nitě. Ve fixační a tvarovací jednotce jsou vytvořeny a zafixovány sklady. Teplem, použitým pro fixaci, jsou zároveň na vrcholky skladů přilepeny nitě (viz. Obr 5). V průběhu tvorby skladu je pásek v čelistech jednotky pevně držen, což bude důležité při návrhu odtahu¹. Následuje rotační odtahové zařízení, které po vytvoření skladu odtáhne výrobek o jednu rozteč skladů. Fyzicky sestavené zařízení je na Obr. 6 .



Obr. 5 Schéma zařízení na tvorbu fixovaných skladů

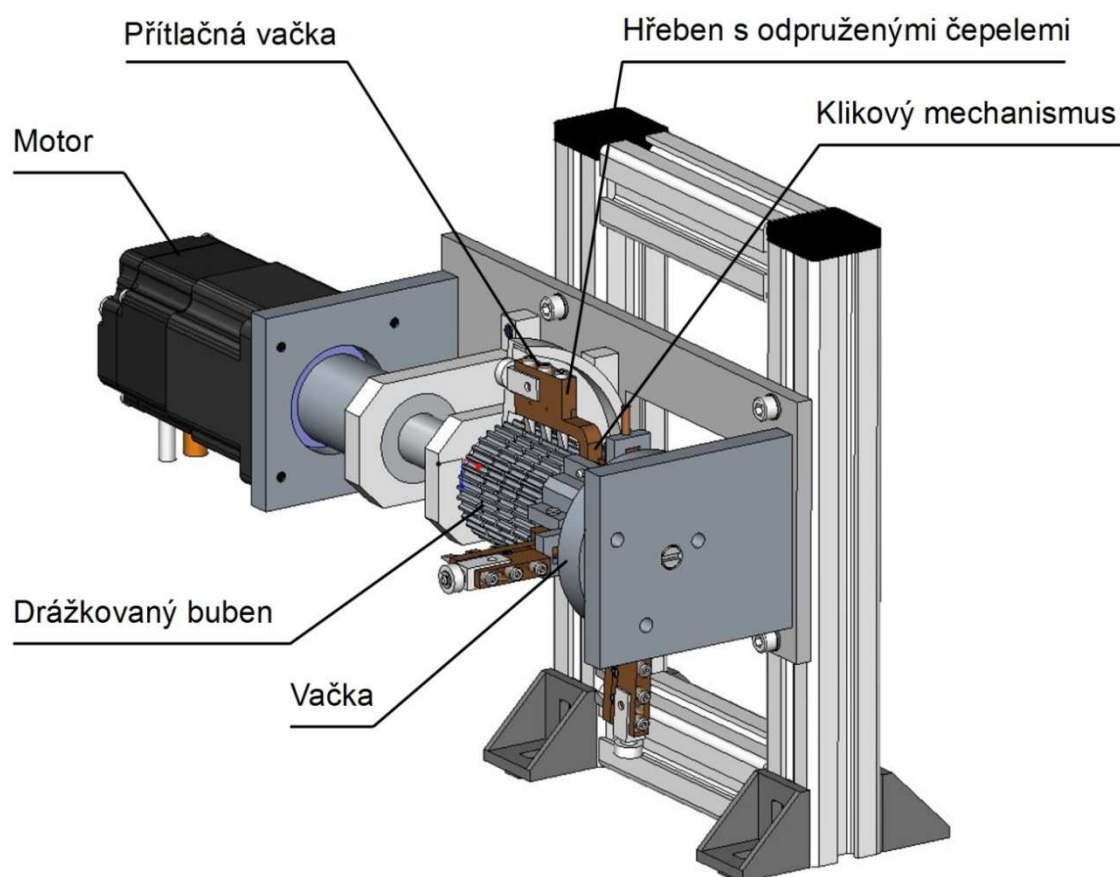
¹ Na přání KTS není v této práci proveden podrobnější popis fixační a tvarovací jednotky.



Obr. 6 Sestavené zařízení na tvorbu fixovaných skladů

1.2 Současný způsob odtahu (rotační s vačkou a kyvnými křídly)

Hlavní částí odtahového zařízení je drážkovaný buben. Drážky jsou vytvořeny příčně tak, aby korespondovaly s danou roztečí vyráběných skladů. Dále jsou vytvořeny 3 drážky po obvodu bubnu tak, aby tyto drážky uskutečňovaly vedení nosných nití. Přichycení skládaného pásu k bubnu je zajišťováno pomocí 4 hřebenů (křidel) s odpruženými čepelemi, jejichž pohyb je odvozen od vačky, která zajišťuje vykývnutí křídla a tím vyhnutí se skládanému pásku. Samotný přítlak je zajišťován přítlačnou vačkou, do které zapadne opěrná kladka po dobu držení. Pohon celého zařízení je zajištěn krokovým motorem se zpětnou vazbou, který umožňuje odtahovat po naprogramovaných krocích s dostatečnou přesností. Na Obr. 7 je celkový 3D pohled na zařízení. V podkapitole 1.2.1 je zařízení zobrazeno v řezu.

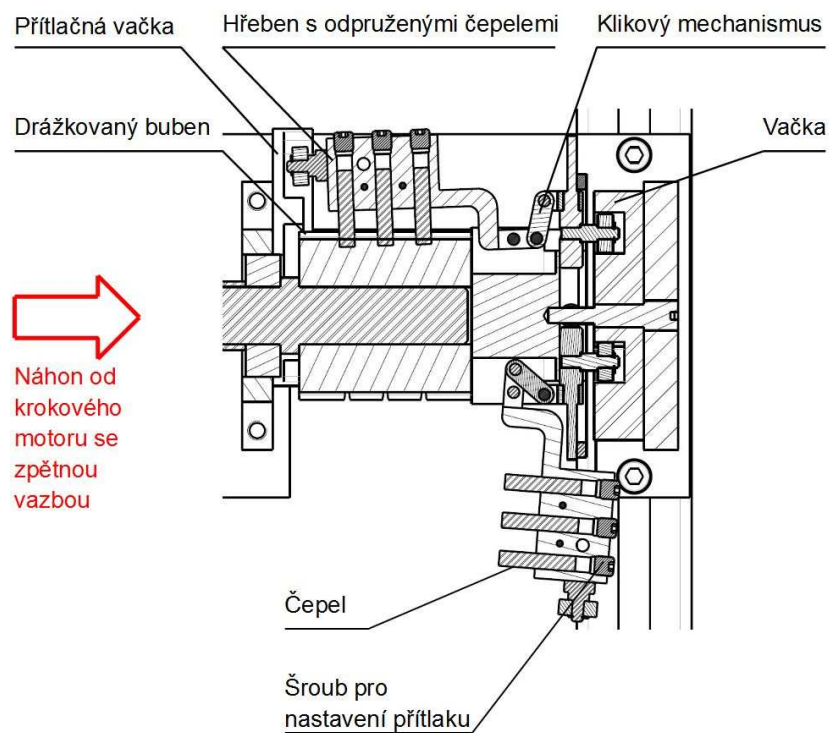


Obr. 7 3D pohled na současné odtahové zařízení

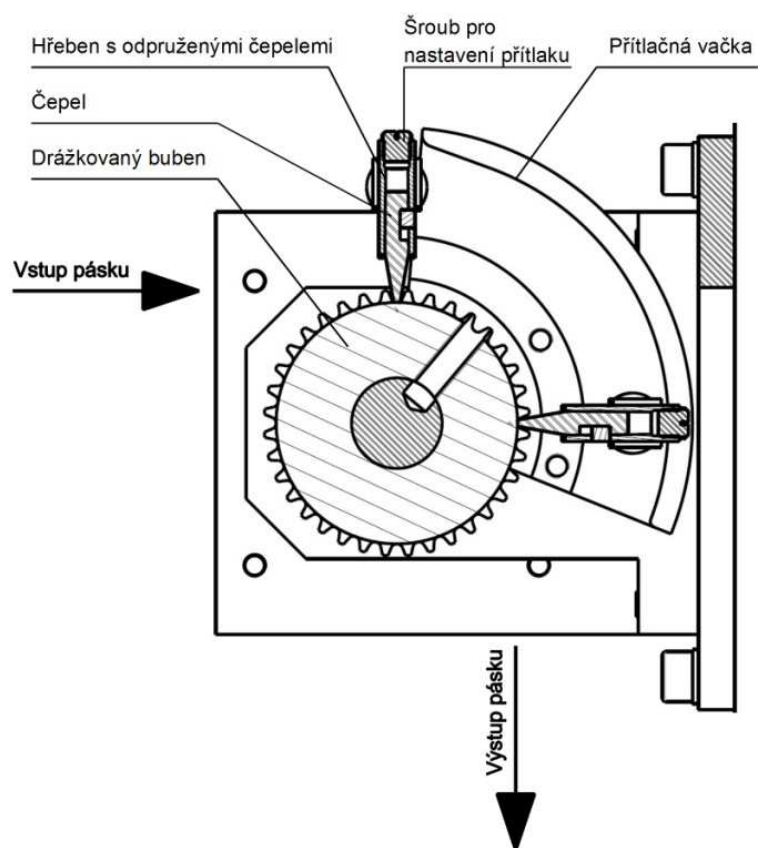
Z důvodu ochrany filtrační vrstvy je nutné provádět odtah za nosné nitě a nikoli za samotný pásek. Pokud by bylo taženo za pásek (např. přímo za stěnu skladu), docházelo by k poškození filtrační vrstvy a tím znehodnocení celé filtrační vložky. Čepele zapadají přesně mezi sklady v místech, kde jsou nosné nitě. Čepele jsou odpružené a síla pružiny je individuálně nastavitelná šroubem.

1.2.1 Analýza současného řešení odtahového zařízení

Na následujících obrázcích je zařízení zobrazeno v řezech. Nejprve v nárysu (Obr. 8), kde je dobře vidět vačka a hřeben v řezu. Také jsou zde patrné obvodové drážky v bubnu pro vedení nití. Dále v bokorysu (Obr. 9), který nabízí dobrý pohled na celou přítlačnou vačku a příčné drážky v bubnu.



Obr. 8 Nárys současného zařízení



Obr. 9 Bokorys současného zařízení

1.2.2 Výhody současného řešení

- Pohon zajišťuje pouze krokový motor se zpětnou vazbou, z čehož plyne snadné řízení
- Přítlak čepelí lze regulovat jednotlivě
- Prostorově nenáročné

1.2.3 Problémy současného řešení

- Hlavní problematická místa z hlediska trvanlivosti jsou vačka, klikový mechanismus (zejména čep kliky) a vstup do přítlačné vačky. Poškození těchto míst může mít za následek nesprávné držení výrobku, nebo destrukci zařízení.
- Množství složitých dílů, z čehož plyne nákladná výroba.
- Ve zkušebním provozu dochází k problému zachycení pásku na drážkovaném bubnu a tento zůstane k bubnu „přilepen“ a hrozí výroba vadného segmentu. Je tedy nutné pásek ručně „odtrhávat“.
- Pro kvalitnější držení pásku (respektive nití), by bylo vhodnější, kdyby byl drážkovaný buben vyroben z měkčího materiálu (v současnosti ocel). To je samozřejmě možné, ale z hlediska vývoje nepraktické. Pro vyzkoušení nového materiálu by bylo nutné vyrábět znovu celý buben.

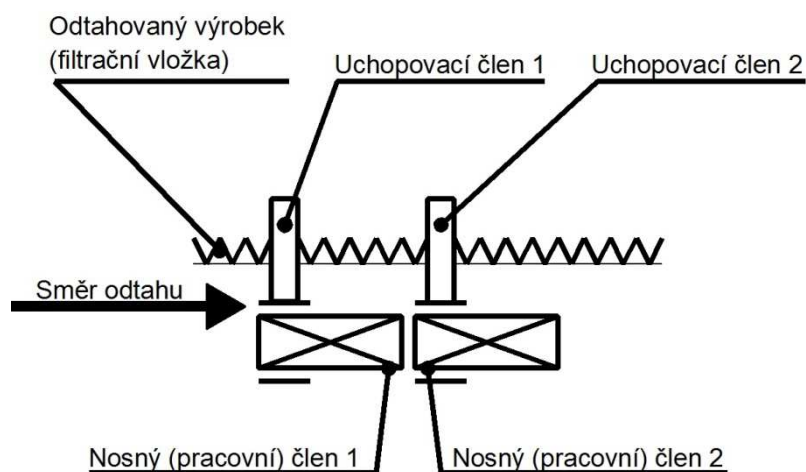
1.2.4 Závěr analýzy

Z výše popsaných důvodů (zejména dlouhodobé provozní nespolehlivosti) bylo rozhodnuto, že současné zařízení nevyhovuje vysokým požadavkům na spolehlivost zařízení. V následující kapitole jsou uvedeny možnosti řešení odtahového zařízení pomocí posuvů.

2. Možnosti řešení lineárního odtahového zařízení

Stejně jako u odtahu pomocí rotačního bubnu, který je popsán v kapitole 1, je u odtahu lineárního nutné spolehlivě zachytit filtrační vložku za nosné bikomponentní nitě. Pro pohyb uchopovacího členu v tomto případě není použito vaček. Uchopovací člen má v tomto případě vlastní pohon, který je pro různá řešení různý. Jednotlivé způsoby řešení jsou uvedeny v následujících kapitolách. Tento uchopovací člen je umístěn na nosném lineárním pohonu, sloužícím pro vlastní odtah.

Je nutné si uvědomit, že po dokončení plného zdvihu nosné jednotky, se musí tato jednotka s uchopovacím členem vrátit do výchozí pozice. V této době nesmí zůstat vytvářená filtrační vložka bez držení. Proto je nutný další uchopovací člen, který je fixně, nebo pohyblivě uložen (viz. Kapitola 2.1.1). Obecně je lineární odtahové zařízení znázorněno na Obr. 10.



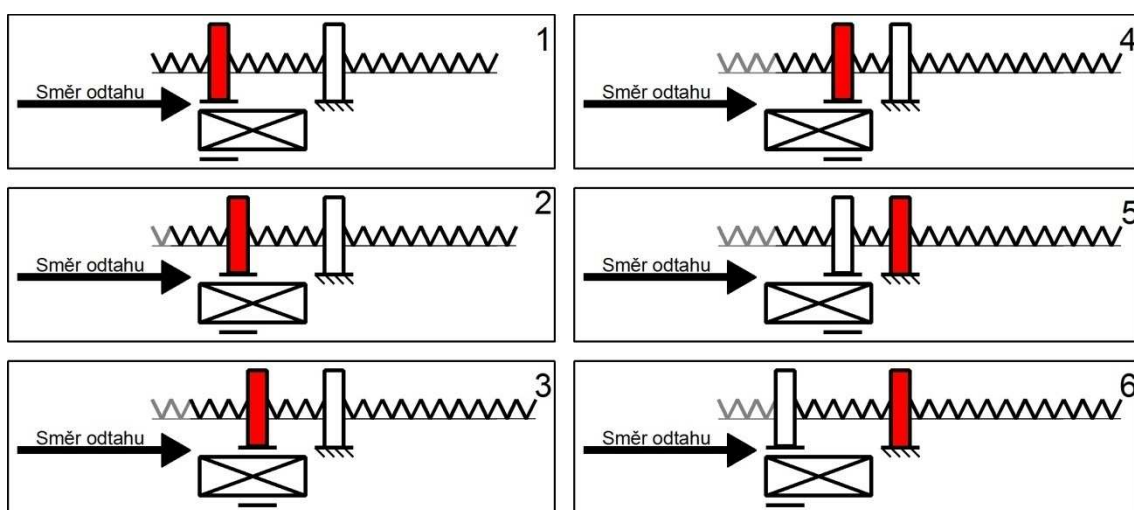
Obr. 10 Obecné schéma lineárního odtahového zařízení

2.1 Režimy lineárního odtahu

Lineární odtah skládaného filtru z nanovláken může být konstruován pro 4 různé režimy chodu.

1. Diskontinuální režim (Obr. 11)

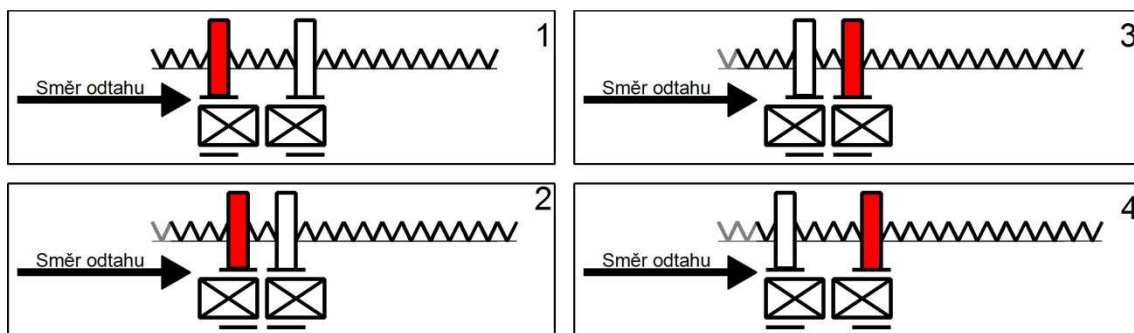
V tomto režimu je filtr odtahován pomocí lineární jednotky až na konec zdvihu. Po dokončení plného zdvihu lineární jednotky je nutné filtr zafixovat stacionárními kleštěmi s následným návratem odtahových kleští na počátek zdvihu lineární jednotky. Výhodou je jednoduchost řešení. Nevýhodou je přerušení odtahování po dobu návratu lineární jednotky a s tím spojená časová prodleva.



Obr. 11 Diskontinuální režim odtahu

2. Taktovací režim (Obr. 12)

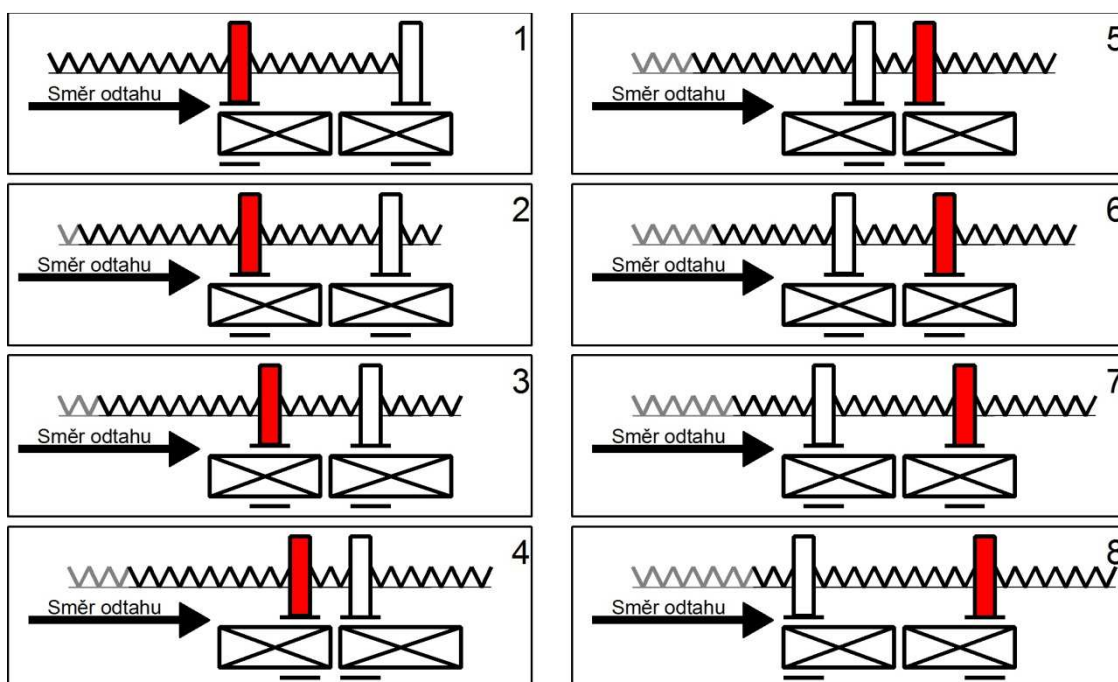
- V tomto režimu jsou použity dvě lineární jednotky. Zdvihy obou jednotek jsou nastaveny tak, že celý zdvih odpovídá právě velikosti jednoho skladu. Když jedna jednotka odtahuje, druhá se vrací na začátek zdvihu. U tohoto režimu nedochází k přerušení odtahu.. Další výhodou (z hlediska ceny a řízení) je absence krokového motoru. Nevýhodou je uchopení filtru postupně za každý sklad a tím zvýšené riziko poškození filtrační vrstvy.



Obr. 12 Taktovací režim odtahu

3. Kontinuální režim (Obr. 13)

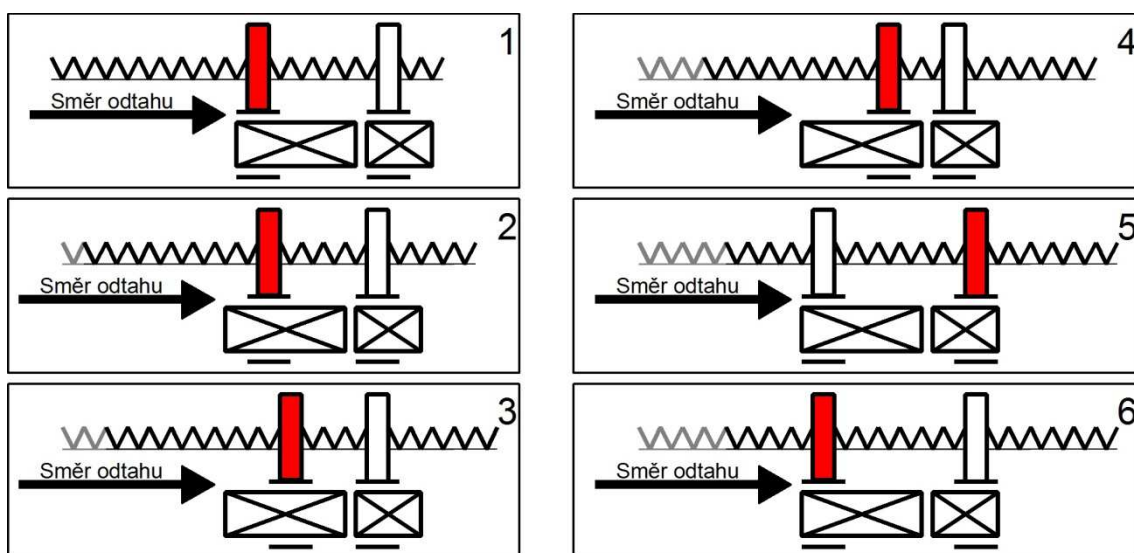
- Použity jsou také dvě lineární jednotky, jako v předchozím případě, ale jednotky jsou poháněny řízenými pohony, takže na jeden zdvih je otaženo více skladů. U tohoto režimu také nedochází k přerušení odtahu, ale oproti předchozímu režimu je šetrnější k filtru z důvodu menšího počtu úchopů (záleží na zdvihu lineárních jednotek).



Obr. 13 Kontinuální režim odtahu

4. „Taktovací“ kontinuální režim (Obr. 14)

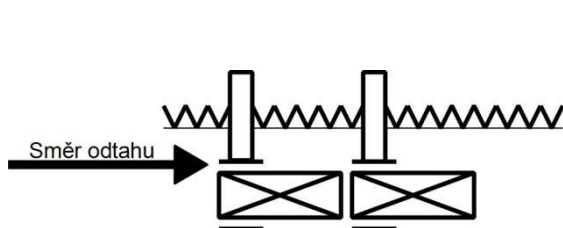
- Tento režim je kombinace předešlých tří režimů. Cyklus probíhá jako v případě 1, ale přídržné kleště nejsou fixní, ale pohyblivé. Tyto pohyblivé kleště v době, kdy se hlavní odtahové kleště vrací do výchozí polohy, provedou odtah o jeden sklad a tím nedojde ke ztrátě času (za předpokladu dostatečné rychlosti pohonu). V závislosti na konkrétním konstrukčním řešení by toto řešení teoreticky mohlo pomoci ke snížení nákladů na zařízení při zachování kontinuálního chodu.



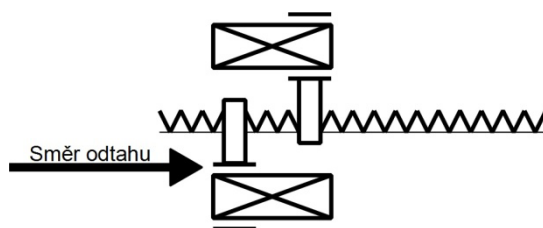
Obr. 14 Taktovací kontinuální režim odtahu

2.2 Vzájemné uspořádání členů

Členy mohou být umístěny buď za sebou (Obr. 15), nebo tak, že se během cyklu vzájemně vyhnou a dochází ke střídání uchopovacích členů (Obr. 16). Výhodou druhého způsobu je, že skládaný pásek je vždy držen až za místem sevření čelistí, což má pozitivní vliv na kvalitu úchopu. Nevýhodou je větší složitost provedení.



Obr. 15 Uspořádání za sebou



Obr. 16 Uspořádání vedle sebe

2.3 Možnosti uspořádání uchopovacího členu

Uchopovací člen se skládá ze spodní a z vrchní části. Na současném řešení zařízení (viz. kap. 1), je spodní částí drážkovaný buben a vrchní částí hřeben s odpruženými čepelemi. Úkolem spodní části je jednak tvořit protikus k vrchní části, ale také zajišťuje vedení výrobku za nitě tak, aby nedošlo k jeho vybočení do strany. Úkolem části vrchní je samotné držení výrobku při odtahu.

Uchopovací člen pro posuvný odtah může být konceptuálně řešen několika možnými způsoby, stejně tak jeho jednotlivé části.

2.3.1 Vrchní část uchopovacího členu

Vrchní část uchopovacího členu je pro správnou funkci zařízení velice důležitá. Následují možnosti konstrukce.

2.3.1.1 Pevná čepel

Nejjednodušší, ale zároveň nejhorší řešení. Jednalo by se v podstatě o úzkou destičku, broušenou v místě doteku tak, aby nepoškodila filtrační vrstvu.

Vzhledem k tomu, že u tohoto řešení není možné nijak regulovat přítlak, regulace by musela být zajištěna např. v pohonu.

2.3.1.2 Odpružená čepel

U tohoto řešení by bylo možné regulovat přítlak, například pomocí šroubu a pružiny. Není však možné nastavovat přítlak individuálně.

2.3.1.3 Nezávislé odpružené čepele

Konstrukčně poněkud složitější, ale s možností nastavit přítlak individuálně, pro každou nit zvlášť. Toto řešení je použito u zařízení, popsaném v kap. 1.

2.3.2 Spodní část uchopovacího členu

Spodní část se také nemalou měrou podílí na kvalitě držení filtru. Také zde jsou navrženy možnosti konstrukce.

2.3.2.1 Rovný segment bez bočního držení

Řešení nejjednodušší, s minimálními nároky na výrobu. Umožňuje také řešení s pevnou spodní částí (viz. kap. 2.3.3.1). Avšak nezajišťuje žádné boční držení výrobku.

2.3.2.2 Drážkovaný segment

Toto řešení vychází přímo z drážkovaného bubnu, který je popsán v kapitole 1. Stejně jako buben, by se skládal z příčných drážek pro sklady a z podélných drážek pro nitě.

2.3.2.3 Tvarový segment s výměnnou vložkou

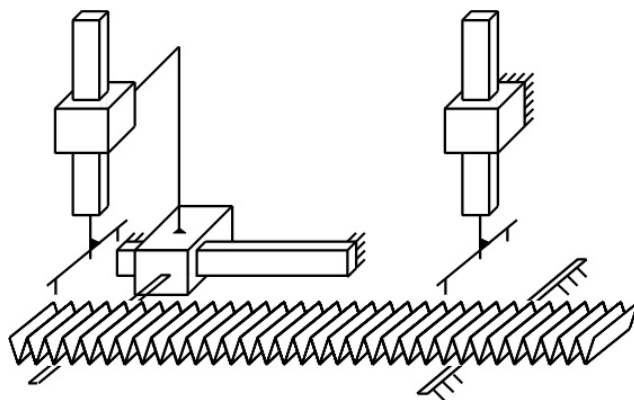
Skládá se ze dvou částí. Hlavní část (kovová, např. ocel) zabezpečuje boční vedení nitě. Druhá část tvoří protikus pro čepele vrchní části. Tento díl může být z měkčího materiálu, aby bylo držení spolehlivější.

2.3.3 Možnosti pro celkové schéma

V této kapitole jsou znázorněny možnosti uspořádání celého zařízení. Jednotlivé možnosti jsou rozděleny podle uspořádání uchopovacího členu. U každého způsobu je uveden ilustrační obrázek, vždy pro diskontinuální chod s uspořádáním za sebou. U jednotlivých řešení jsou uvedeny výhody a nevýhody specifické pro daný typ řešení. Výhody a nevýhody konkrétního řešení se pak řídí informacemi uvedenými v předchozích částech práce.

2.3.3.1 Pevný spodní člen, posuvný vrchní člen

Zde je posuvná pouze vrchní část uchopovacího členu. Spodní část je pevná (možné pouze s rovným segmentem bez bočního držení, viz. podkapitola 2.3.2.1). Na obrázku 17 je znázorněno toto řešení pro diskontinuální chod s uspořádáním členů za sebou.



Obr. 17 Schéma pro rozložení „pevný spodní člen, posuvný vrchní člen“

Použitelné režimy chodu (viz. kapitola 2.1)

- Diskontinuální
- Taktovací
- Kontinuální
- Kontinuální taktovací

Možnosti uspořádání (viz. kapitola 2.2)

- Za sebou
- Vedle sebe

Výhody

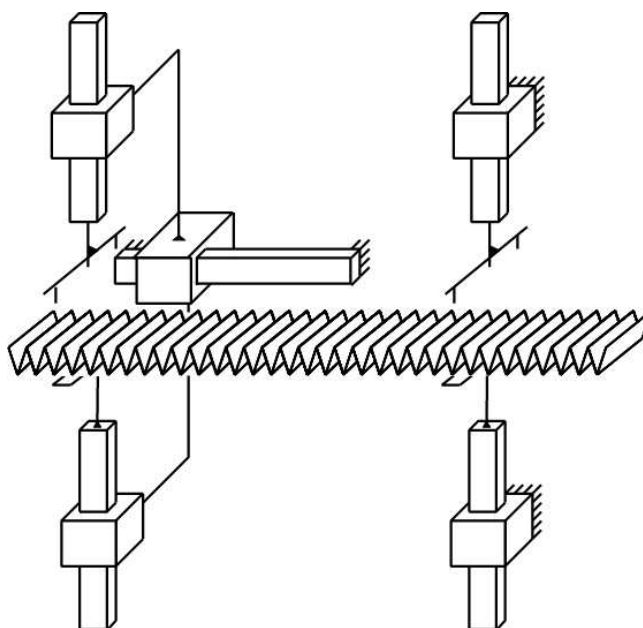
- Výhody spojené s jednotlivými režimy chodu a uspořádáním
- Není nutný pohon pro spodní část kleští

Nevýhody

- Nevýhody spojené s jednotlivými režimy chodu a uspořádáním
- Není možné uspořádání vedle sebe
- Rovinný spodní segment nezajišťuje boční vedení pásu.

2.3.3.2 Oba členy posuvné

Od předešlého případu se tento liší tím, že spodní člen je také pohyblivý. Tím je umožněno využití spodního členu s bočním vedením nití (podkapitoly 2.3.2.2 a 2.3.2.3). Na obrázku 18 je znázorněno toto řešení pro diskontinuální chod s uspořádáním členů za sebou.



Obr. 18 Schéma pro rozložení „oba členy posuvné“

Použitelné režimy chodu (viz. kapitola 2.1)

- Diskontinuální
- Taktovací
- Kontinuální
- Kontinuální taktovací

Možnosti uspořádání (viz. kapitola 2.2)

- Za sebou
- Vedle sebe

Výhody

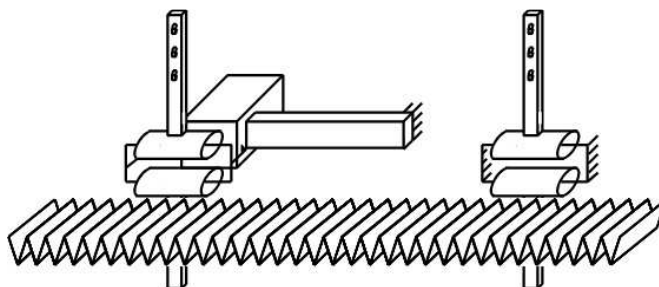
- Výhody spojené s jednotlivými režimy chodu a uspořádáním
- Spodní část uchopovacího členu zajišťuje boční vedení pásku.

Nevýhody

- Nevýhody spojené s jednotlivými režimy chodu a uspořádáním
- Potřebný zdvih pro uspořádání členů vedle sebe je velký (zejména při odpružených čepelích), čímž by narostly rozměry zařízení.

2.3.3.3 Oba členy kyvné

Namísto posuvů je zde použito rotace (Obr. 19).



Obr. 19 Schéma pro rozložení „oba členy kyvné“

Použitelné režimy chodu (viz. kapitola 2.1)

- Diskontinuální
- Taktovací
- Kontinuální
- Kontinuální taktovací

Možnosti uspořádání (viz. kapitola 2.2)

- Za sebou
- Vedle sebe

Výhody

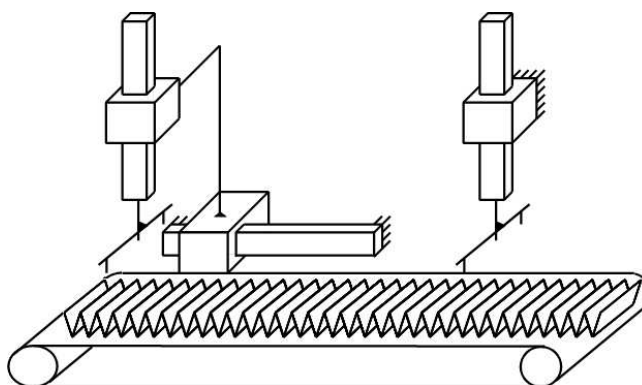
- Výhody spojené s jednotlivými režimy chodu a uspořádáním
- Jednotlivé uchopovací členy mají možnost se sobě navzájem vyhnout, aniž by byl potřebný velký prostor pro velký zdvih.

Nevýhody

- Nevýhody spojené s jednotlivými režimy chodu a uspořádáním
- Kyvný pohyb (při použití odpružených čelistí je vhodnější posuvný pohyb)

2.3.3.4 Řešení pomocí pásu

Spodní část čelistí je zde nahrazena speciálním pásovým dopravníkem (Obr. 20).



Obr. 20 Schéma pro rozložení „řešení pomocí pásu“

Použitelné režimy chodu (viz. kapitola 2.1)

- Diskontinuální
- Taktovací
- Kontinuální
- Kontinuální taktovací

Možnosti uspořádání (viz. kapitola 2.2)

- Za sebou
- Vedle sebe

Výhody

- Výhody spojené s jednotlivými režimy chodu a uspořádáním
- Vratná je pouze vrchní část uchopovacího členu. Spodní část pracuje kontinuálně.

Nevýhody

- Nevýhody spojené s jednotlivými režimy chodu a uspořádáním
- Konstrukce spodního pásu a nespolehlivost držení, z důvodu přítomnosti tohoto pásu.

3. Konstrukční řešení a výpočty

3.1 Volba řešení odtahu

V návaznosti na předchozí kapitoly je zde provedena volba principů a uspořádání, které budou použity při konstrukci zařízení.

3.1.1 Volba režimu

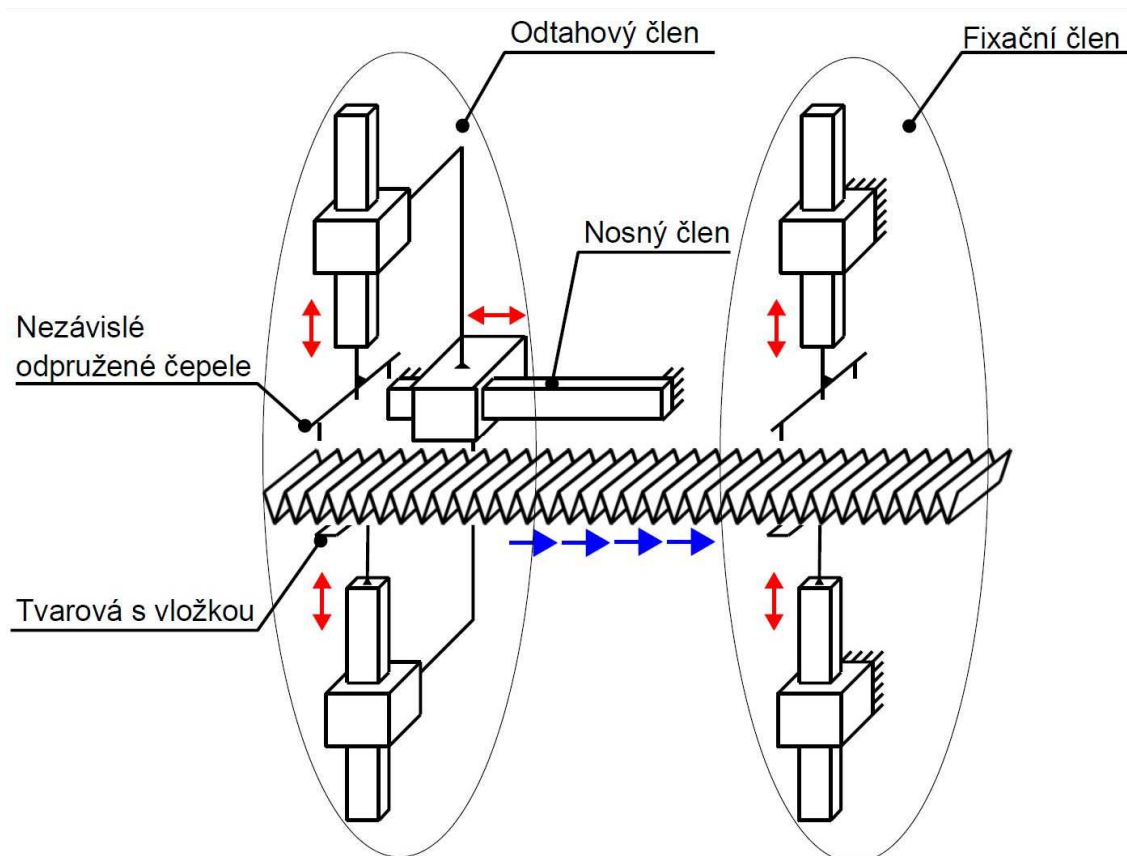
Vzhledem k nejjednoduššímu provedení je zvolen diskontinuální chod. Současné vyráběné elektrické lineární osy mají dostatečnou rychlost na to, aby nenastala (nebo nastala pouze minimální) prodleva při návratu uchopovacího členu na začátek.

3.1.2 Volba uspořádání

Opět s ohledem na jednoduchost a také prostorové možnosti je zvoleno uspořádání uchopovacích členů vedle sebe. Druhý (fixační) uchopovací člen je umístěn těsně za konečnou polohu prvního (odtahového) členu. Tím je minimalizováno riziko špatného zachycení a také zajištěno zachování správného napětí nosných nití.

3.1.3 Volba Celkového schématu

Z důvodu nutnosti bočního vedení lze vyloučit uchopovací člen s jedním pohonem. Vzhledem k použitému režimu a uspořádání je zvoleno schéma s oběma členy posuvnými (kap. 2.3.3.2). Spodní část uchopovacího členu je zvolena tvarová s výměnnou vložkou (kap. 2.3.2.3), z důvodu snadného zkoušení různých materiálů vložky. Vrchní část pak s nezávislými odpruženými čepelemi, z důvodu nastavitelnosti přítlaku. Na obrázku 21 je znázorněno příslušné zjednodušené schéma tak, jak bylo zobrazeno v předcházející kapitole. Jsou zde přidány popisy hlavních částí.



Obr. 21 Zvolené schéma zařízení (oba členy posuvné, uspořádání „za sebou“)

3.2 Volba pohonných jednotek

Na přání Katedry textilních strojů jsou všechny pohony vybírány ze sortimentu firmy Festo.

3.2.1 Volba nosného členu

Nosný člen musí být poháněn řízeným pohonem, z důvodu krokování v průběhu cyklu. Zatížení je velmi malé (pouze od hmotnosti čelistí). Proto byl zvolen pohon firmy Festo řady *ELGR* (pohon s ozubeným řemenem, viz Obr. 22), který má menší nosnost, než vyšší řady pohonů, ale jeho cena je nižší. Opakovatelná přesnost $\pm 0,1\text{mm}$ [5] této aplikaci také vyhovuje.

Konkrétně byl zvolen pohon *ELGR-TB-35-150-0H* (velikost 35, zdvih 150mm) s krokovým motorem se snímačem polohy *EMMS-ST-57-S-SEB-G2* (podle doporučení [5]). Tento motor je v případě vhodného řízení schopen zpětné vazby a tím předejít ztrátě kroku. K tomuto krokovému motoru je v katalogu pohonu [5], doporučen ovladač Festo *CMMS-ST*.

Tento pohon je dále v tomto řešení osazen dvěma rozpínacími indukčními snímači (na každém konci). Tyto snímače fungují jednak jako referenční, ale zároveň jako bezpečnostní.



Obr. 22 Lineární pohon FESTO řady ELGR [5]

3.2.2 Volba pohonů uchopovacích členů

Zde jsou s výhodou použity pneumatické pohony Festo, řady *ADNGF* (viz. Obr. 23). Tyto pohony mají vedle pístní tyče ještě 2 vodící tyče, které pojišťují pístnici proti pootočení a také umožňují zatížení určitým momentem. Použity jsou pohony s průměrem pístnice 12mm a zdvihy 10mm (spodní čelist) a 15mm (vrchní čelist). Snímání poloh je zajištěno bezkontaktními magnetickými senzory. Tyto pohony mají omezené možnosti nastavení, ale pro naši aplikaci dostačují. Jsou výrazně levnější, než některé vyšší řady pohonů (např. *DGSL*) [6].



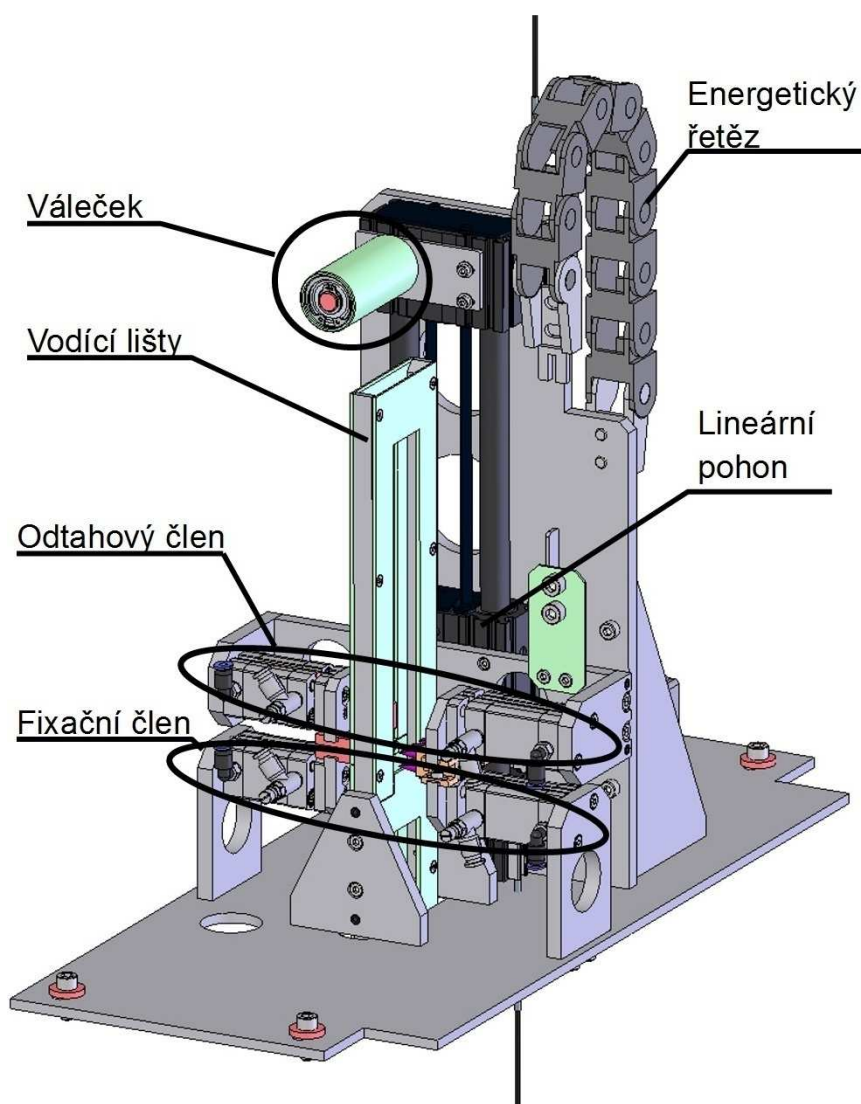
Obr. 23 Pneumatický válec FESTO řady ADNGF [6]

3.3 Konstrukční řešení

Na základě předchozích kapitol, kde byl proveden výběr řešení, byl vytvořen 3D model zařízení. Toto zařízení bylo zkonstruováno tak, aby je bylo možno co nejjednodušeji zakomponovat do stávajícího prototypu zařízení na výrobu skládaných filtrů.

3.3.1 Celkový pohled na zařízení

Jak je vidět na obrázku 24, odtah je prováděn vertikálně směrem dolů. To plyne z prostorových možností v prototypu, ale zároveň je to výhodné i pro samotnou funkci odtahu.

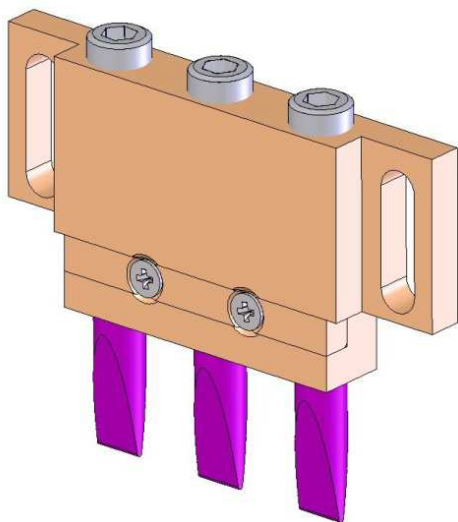


Obr. 24 3D pohled na zařízení pro posuvný odtah skládaného filtru

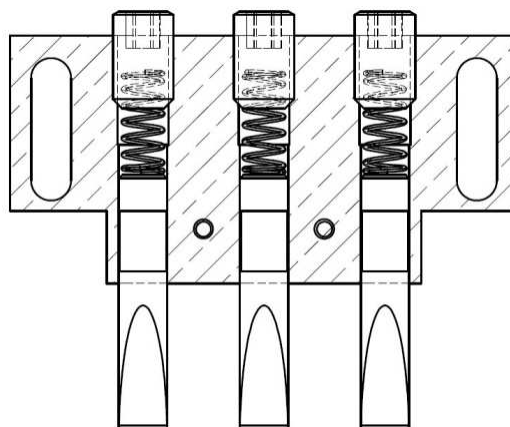
Na obrázku 24 jsou vidět prvky, které známe z obrázku v předchozí kapitole. Jsou jimi odtahový člen, fixační člen a lineární vedení (nosný člen). Toto konkrétní řešení si vyžádalo další prvky, které jsou nezbytné pro správnou funkci zařízení. Jsou to zejména vodící lišty a váleček. Vodící lišty zajišťují vedení filtru tak, aby nedošlo k jeho vybočení při činnosti odtahového členu. Fungují pouze jako pojistný člen. Váleček umožňuje změnu směru odtahu z horizontálního na vertikální, aniž by došlo k nežádoucímu tření přes hranu. Nezbytnou součástí je též energetický řetěz, pro vedení a zajištění kabelů a pneumatických hadiček.

3.3.2 Vrchní část čelistí

Jak bylo již zmíněno dříve, vrchní část čelistí byla z větší části převzata z řešení, popsaného v kapitole 1. Poloha tohoto „hřebene“ je díky přišroubování přes drážky nastavitelná ve směru zavírání čelistí. Přítlak každé čepele je samostatně nastavitelný přes pružinu, pomocí šroubu. Tělo je vyrobeno z bronzu, čepele pak z kalené oceli. Pohled a řez na tuto část je uveden na obrázku 25, respektive 26.



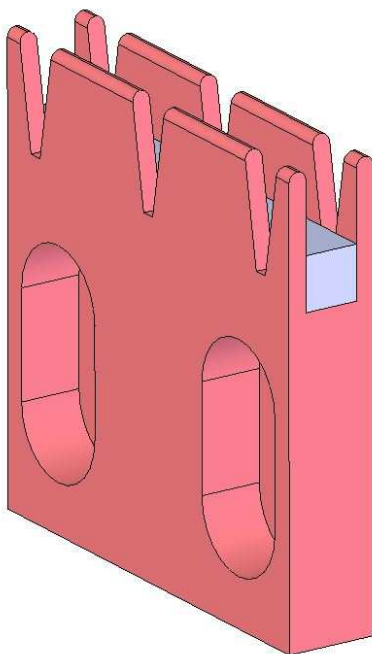
Obr. 25 3D pohled na hřeben



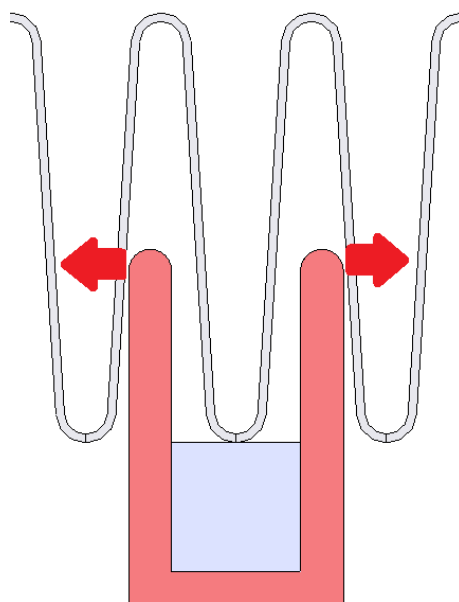
Obr. 26 Pohled v řezu na hřeben

3.3.3 Spodní část čelistí

Spodní část čelistí (obrázek 27) slouží pro vedení nití a jako protikus k vrchní části. Vedení nití zajišťují zužující se drážky, do nichž nitě při stisku čelistí zapadnou. Vhodným tvarem je při zdvihu spodních čelistí zajištěno roztažení skladu (obrázek 28), kvůli bezproblémovému stisku horní čelisti. Dále je zde vložka, která tvoří protikus čelistem. Tato součást bude vyměnitelná a bude tedy snadné zkoušet různé materiály. Pro první zkoušky je zde navržen Polytan, s tvrdostí 65Sh A. Tento materiál nabízí výjimečnou kombinaci pružnosti, velké pevnosti v natržení a vysoké oděruvzdornosti [4]. Je dodáván v různých tvrdostech, proto je pro naši aplikaci vhodný.



Obr. 27 3D pohled na spodní část čelistí



Obr. 28 Detail na funkci rozevření skladu

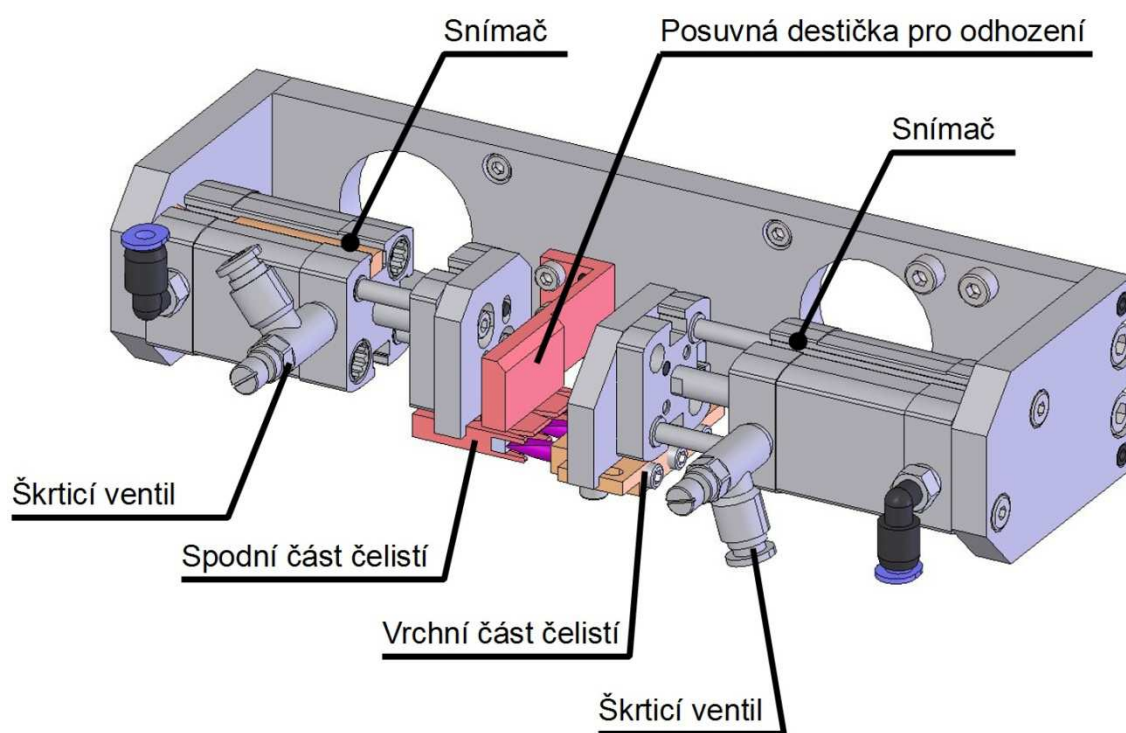
3.3.4 Odtahový člen

Detail na odtahový člen je zobrazen na Obr. 29. Jednotlivé čelisti jsou s pneumatickými válci spojeny posuvně jak ve směru odtahu, tak i ve směru kolmém na odtah, což zajistí snadnou seřiditelnost zařízení.

Na pneumatických válcích jsou umístěna bezdotyková magnetická čidla pro kontrolu polohy. Vzhledem ke krátkému zdvihu je zde počítáno vždy pouze s jedním snímačem na každý válec, pro kontrolu vysunuté polohy (sevření kleští). Tím je dosaženo úspory, s minimálním vlivem na chod zařízení. V případě nutnosti lze samozřejmě kdykoli doplnit na každou jednotku i druhý snímač.

Škrticí ventily zajišťují nastavitelnost jednotek při vysouvání, což je nutné pro bezpečné uchopení bez porušení filtrační vložky. Zasouvání válců již regulaci škrticím ventilem nenabízí, neboť zde již žádné riziko nehrozí. Stejně, jako v případě snímačů lze škrticí ventily doplnit později, bude-li to nutné.

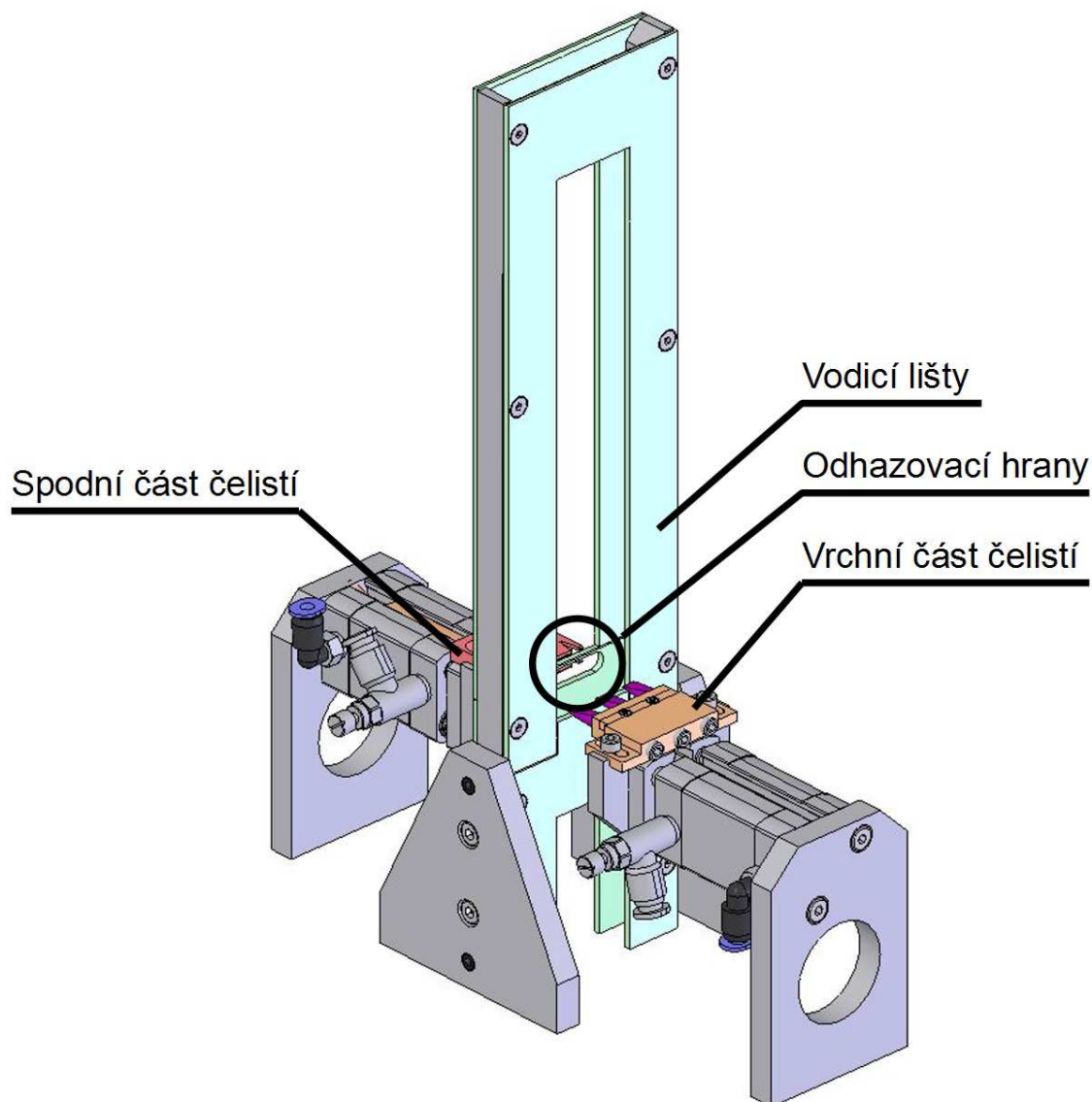
Posuvná destička pro odhození je spojena s tímto členem a slouží, spolu s odhazovacími hranami fixačního členu, bezproblémovému odhození a "odlepení" filtru od spodní části čelistí při otevírání.



Obr. 29 Odtahový člen

3.3.5 Fixační člen

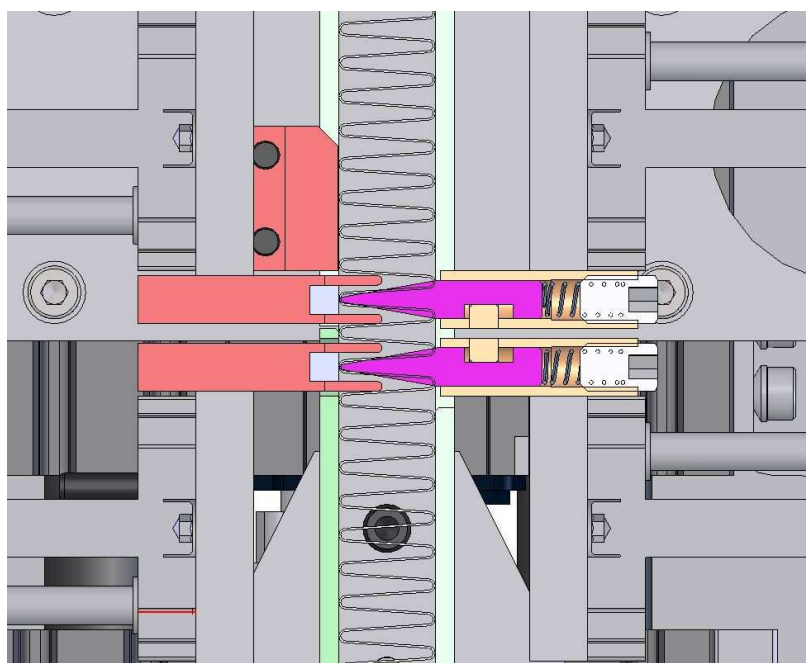
Čelisti tohoto členu jsou identické s čelistmi v odtahovém členu, včetně snímačů a škrticích ventilů. Tento člen je doplněn vodícími lištami (Obr. 30), které zajišťují vedení filtru tak, aby nedošlo k jeho vybočení při činnosti odtahového členu. Součástí spodní lišty jsou odhazovací hrany, které zajistí "odlepení" filtru při otevření čelistí (popsáno v další kapitole).



Obr. 30 Fixační člen

3.3.6 Detail zachycení

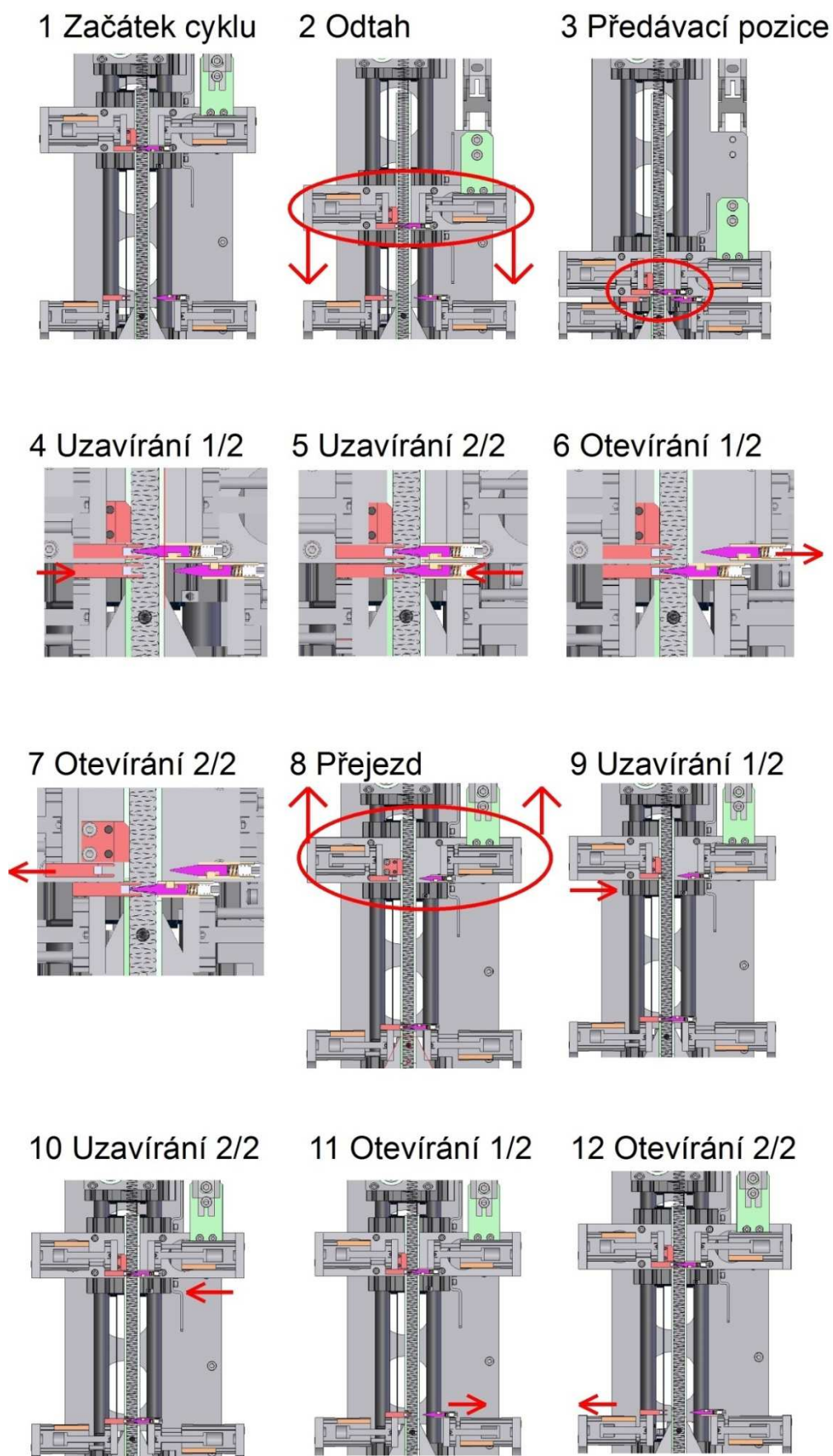
Na obrázku 31 je vidět detail zachycení filtru, v době předávání mezi odtahovým a fixačním členem. Při stisku čelistí se vysune nejdříve spodní část, která navede a zajistí nitě proti vybočení. Poté se vysune horní čelist a dojde k zachycení. Při otevření čelistí je postup opačný. Aby se zamezilo problému „přilepení“ ke spodním čelistem (viz. kap. 1.2.3), jsou v místě úchopu umístěny hrany, které zajistí bezproblémové otevření čelistí (nitě se opřou o hrany v těsné blízkosti čelistí a díky tomu dojde k odlepení, aniž by byla síla přenesena do nežádoucího místa, např. až k tvarovací a fixační jednotce). Na obrázku jsou též vidět vodící lišty. Ty tvoří pojistku proti vybočení filtru (zejména, když je odtahová jednotka ve výchozí horní pozici).



Obr. 31 Detail na zachycení filtru

3.4 Pracovní cyklus

Na následujícím obrázku (Obr. 32) je znázorněn pracovní cyklus tohoto zařízení. Je zde znázorněn odtah, následovaný předáním filtru mezi čelistmi (rozděleno na dílčí pohyby válců). Poté návrat odtahového členu opět následovaný předáním. Pro směr vysouvání pneumatických válců jsou zařazeny do pneumatického obvodu škrtkové jednosměrné ventily. Ty umožní nastavení rychlosti uzavírání čelistí.



Obr. 32 Pracovní cyklus

3.5 Kontrola pohonů

Pomocí dat, získaných z CAD softwaru a z katalogových listů jednotlivých pohonů, je zde provedena přibližná kontrola z hlediska silového namáhání. Také je zde spočten minimální čas, potřebný k předání mezi čelistmi a návratu odtahové jednotky na začátek. Tento čas je důležitý z hlediska celkové produktivity výroby.

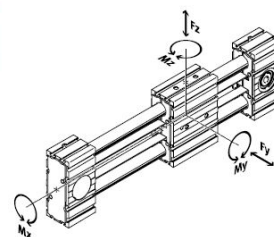
3.5.1 Kontrola lineárního pohonu z hlediska zátěže

Celková hmotnost odtahové jednotky je cca 0,7kg (vycházíme z katalogového listu jednotek ADNGF a hmotností dílů spočtených CAD programem). Tato hmotnost působí na ramenu $x_{oj}=65mm$. Při zrychlení působí ještě setrvačná síla, způsobená zrychlením $a=50 m/s^2$.

$$M_z = m_{oj} \cdot g \cdot x_{oj} + m_{oj} \cdot a \cdot x_{oj} = 0,7 \cdot 9,81 \cdot 0,065 + 0,7 \cdot 50 \cdot 0,065 \cong \underline{\underline{2,7 Nm}}$$

Z tabulky na obrázku 33 je vidět, že maximální přípustný moment je 8 Nm. Tento pohon tedy z hlediska únosnosti s rezervou vyhovuje a to i pro maximální možné zrychlení.

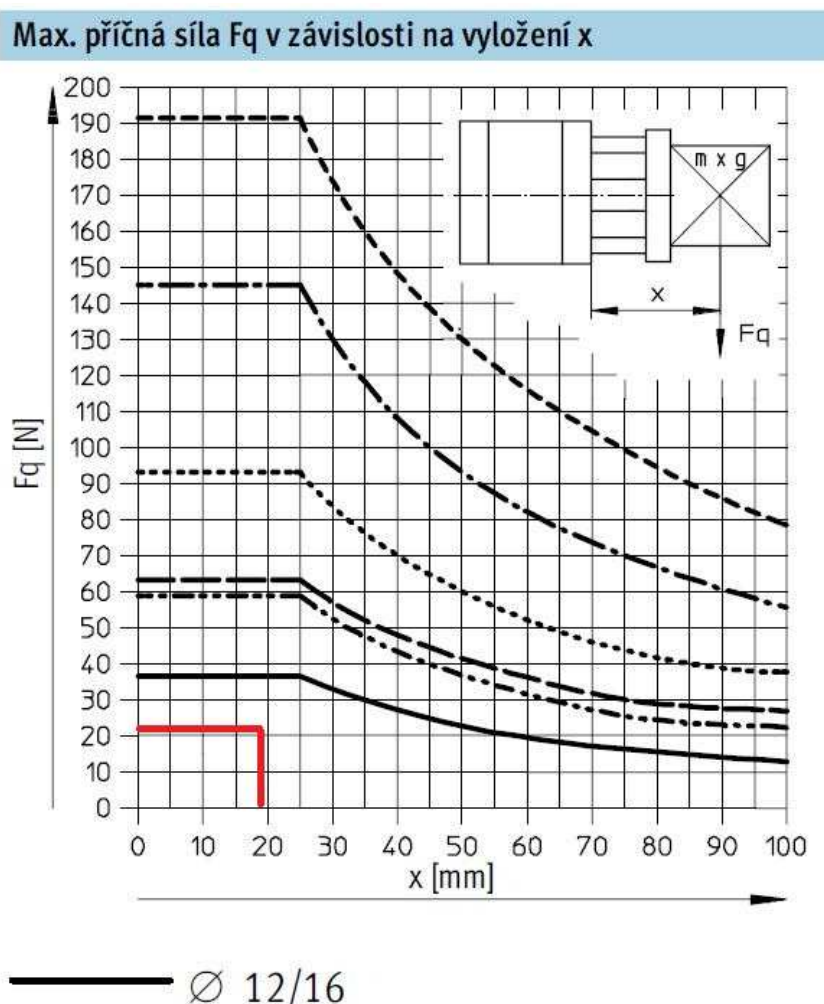
Přípustné síly a momenty pro životnost 5 000 km						
vedení velikost	kluzné vedení			vedení v kuličkových oběžných pouzdrech		
	35	45	55	35	45	55
$F_{y\max}, F_{z\max}$ [N]	50	100	300	50	100	300
saně, standardní						
$M_{x\max}$ [Nm]	1	2,5	5	2,5	5	15
$M_{y\max}$ [Nm]	4	8	16	8	16	48
$M_{z\max}$ [Nm]	4	8	16	8	16	48
dlouhé saně						
$M_{x\max}$ [Nm]	1	2,5	5	2,5	5	15
$M_{y\max}$ [Nm]	10	20	40	20	40	124
$M_{z\max}$ [Nm]	10	20	40	20	40	124



Obr. 33 Přípustné síly a momenty pro jednotku ELGR [5]

3.5.2 Kontrola pneumatických pohonů z hlediska zátěže

Při maximální síle pružiny $F_{max} = 6,7 \text{ N}$ působí na čelisti maximální síla cca 21,1N. Z CAD softwaru víme, že vyložení je cca 18mm. Při zanedbání hmotnosti hřebenu, respektive spodní čelisti, je tato hodnota porovnána s grafem z katalogového listu pohonů ADNGF[6]. Z obrázku je zřejmé, že lineární vedení pohonu s rezervou vyhovuje (Obrázek 34 je pro závaží, umístěné s určitým vyložení, náš případ způsobí pouze zatěžující moment bez dalšího zatížení. Pro kontrolu vedení nám toto dostačuje). Dále z katalogu [6] víme, že při tlaku 6 barů je teoretická síla tohoto pohonu 68 N. Z tohoto hlediska pohon též vyhovuje.



Obr. 34 Graf přípustných zatěžovacích sil pro jednotky ADNGF [6]

3.5.3 Čas návratu na začátek cyklu

Časy otevření a zavření čelistí jsou odhadnuty, neboť záleží na nastavení škrticích ventilů. Čas přesunu lineární jednotky je převzat z katalogového listu (pro vzdálenost 150mm).

Čas zavření čelistí $T_{zc} = 0,4s$

Čas otevření čelistí $T_{oc} = 0,2s$

Čas přesunu lineárního pohonu na začátek $T_{LP} = 0,5s$

$$T_c = 4 \cdot (T_{zc} + T_{oc}) + T_{LP} = 4 \cdot (0,4 + 0,2) + 0,5 = \underline{\underline{2,9s}}$$

Čas pro přesun odtahové jednotky, i s pohyby čelistí je tedy dle výpočtu cca 2,9s. Na výrobu jednoho skladu je potřeba cca 3s. Teoreticky je možné, aby tvarovací a fixační jednotka pracovala, zatímco dochází k tomuto přesunu. Nedojde tedy ke ztrátě času. Pokud by však provoz ukázal, že má tato paralelní činnost nežádoucí efekt na kvalitu skladů, bylo by nutné s činností tvarovací a fixační jednotky počkat, než bude tento cyklus u konce. Ztráta času je ale i tak přijatelná.

3.6 Pneumatické prvky

Pneumatický obvod tohoto zařízení obsahuje 4 dvoučinné pneumatické válce, 4 jednosměrné škrticí ventily a 4 bistabilní, elektronicky ovládané 5/2 ventily. Přesný typ těchto ventilů není v této práci definován, neboť záleží na typu ventilového terminálu, který je v současné době umístěn na prototypu zařízení. Zjednodušené pneuschéma tvoří jednu z příloh této diplomové práce.

3.7 Zhodnocení ceny zařízení

Ceny použitých pohonů a některých souvisejících prvků jsou uvedeny v následující tabulce. Tyto ceny jsou uvedeny na oficiálních stránkách firmy FESTO. Je třeba si uvědomit, že firma FESTO poskytuje svým stálým zákazníkům významné slevy, čímž se cena ještě sníží. Uvedené ceny jsou včetně DPH.

Prvek	Cena [CZK/KS]	Cena celkem [CZK]
Lineární osa <i>ELGR-TB-35-200-0H+2SB15NM</i> včetně indukčních snímačů a spojovacího materiálu	15.897	15.897
Krokový motor s odměřováním <i>EMMS-ST-57-S-SE-G2</i>	7.330	7.330
Axiální sada <i>EAMM-A-R27-57A</i>	4.325	4.325
Ovladač krokového motoru <i>CMMS-ST-C8-7-G2</i>	21.930	21.930
Pneumatický válec <i>ADNGF-12-10-P-A</i>	1.971	3.942
Pneumatický válec <i>ADNGF-12-15-P-A</i>	1.986	3.972
Přibližovací čidlo <i>SME-8M-DS-24V-KO,3-M8D</i>	672	2.688
Cena za pohony celkem		60.084

Obr. 35 Tabulka orientační ceny hlavních prvků

Jak je vidět, významnou položkou je zejména lineární pohon s motorem a řízením. V tabulce na obrázku 35 jsou uvedeny pouze hlavní nakupované komponenty. Do celkové ceny zařízení se dále promítnou náklady na výrobu a další nakupované díly (spojovací materiál, ložiska, energetický řetěz).

4. Závěr

V této diplomové práci byl uveden výčet možností, použitelných pro posuvný odtah skládaného filtru. Výčet možností byl uveden z hlediska režimu chodu, uspořádání a tvaru čelistí. Na základě tohoto rozboru byl vybrán princip pro konstrukční řešení odtahu.

Uspořádání *za sebou*, v kombinaci s *diskontinuálním režimem chodu* zajišťuje příznivou cenu celého zařízení. Použití posuvných členů u obou členů uchopovacích jednotek, spolu se *samostatně nastavitelnými čepelemi* horní čelisti a *tvarovým segmentem s vložkou* dolní čelisti, zabezpečuje bezpečné uchopení filtru. Použitím *krokového motoru se zpětnou vazbou* bylo docíleno dostatečné přesnosti a bezpečnosti chodu.

Byla vytvořena kompletní výkresová dokumentace tohoto zařízení. Tato dokumentace tvoří přílohu této diplomové práce. V současné době probíhá výroba a zařízení bude v dohledné době namontováno na prototyp zařízení pro výrobu skládaných filtrů z nanovláken.

Tento systém lze také výhledově doplnit o dělicí zařízení, které zajistí nastříhání filtru na segmenty požadované délky.

5. Seznam použité literatury

- [1] SLÁMA, Jan. *Konstrukční návrh automatizovaného funkčního modelu pro lepení kruhových filtrů z textilního pásu*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013, 60s
- [2] VAŠATA, Josef. *Zařízení pro výrobu kruhového filtru*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013, 37s
- [3] Příspěvatelé Wikipedie, *Filtrace* [on-line]. Dostupné z URL: <<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Filtrace&oldid=10625444>> [cit 7. 5. 2014]
- [4] VM PLAST s.r.o, *Polyuretanový elastomer Polytan* [on-line]. Dostupné z URL: <<http://www.vmplast.cz/cz/Polytan/>>[cit 7.5.2014].
- [5] FESTO. *Pohony s ozubeným řemenem ELGR* [on-line]. Dostupné z URL: <https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/ELGR_CZ.PDF> [cit 7.5.2014].
- [6] FESTO, *Kompaktní válce ADNGF, připojovací obrazec dle norem* [on-line]. Dostupné z URL: <https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/ADNGF_CZ.PDF> [cit 7.5.2014].

6. Seznam obrázků

Obr. 1 Textilní pásek z nanovláken v řezu [1].....	9
Obr. 2 Rovinný textilní pásek [1]	10
Obr. 3 Složený pásek	10
Obr. 4 Kruhová filtrační vložka[2]	10
Obr. 5 Schéma zařízení na tvorbu fixovaných skladů	11
Obr. 6 Sestavené zařízení na tvorbu fixovaných skladů	12
Obr. 7 3D pohled na současné odtahové zařízení.....	13
Obr. 8 Nárys současného zařízení.....	14
Obr. 9 Bokorys současného zařízení.....	14
Obr. 10 Obecné schéma lineárního odtahového zařízení	16
Obr. 11 Diskontinuální režim odtahu	17
Obr. 12 Taktovací režim odtahu	18
Obr. 13 Kontinuální režim odtahu	18
Obr. 14 Taktovací kontinuální režim odtahu	19
Obr. 15 Uspořádání za sebou	20
Obr. 16 Uspořádání vedle sebe	20
Obr. 17 Schéma pro rozložení „pevný spodní člen, posuvný vrchní člen“	23
Obr. 18 Schéma pro rozložení „oba členy posuvné“	24
Obr. 19 Schéma pro rozložení „oba členy kyvné“	25
Obr. 20 Schéma pro rozložení „řešení pomocí pásu“	26
Obr. 21 Zvolené schéma zařízení (oba členy posuvné, uspořádání „za sebou“).....	29
Obr. 22 Lineární pohon FESTO řady ELGR [5]	30
Obr. 23 Pneumatický válec FESTO řady ADNGF [6]	30
Obr. 24 3D pohled na zařízení pro posuvný odtah skládaného filtru	31
Obr. 25 3D pohled na hřeben	32
Obr. 26 Pohled v řezu na hřeben.....	32
Obr. 27 3D pohled na spodní část čelistí	33
Obr. 28 Detail na funkci rozevření skladu	33
Obr. 29 Odtahový člen.....	34
Obr. 30 Fixační člen.....	35
Obr. 31 Detail na zachycení filtru.....	36
Obr. 32 Pracovní cyklus.....	37
Obr. 33 Přípustné síly a momenty pro jednotku ELGR [5]	38
Obr. 34 Graf přípustných zatěžovacích sil pro jednotky ADNGF [6].....	39
Obr. 35 Tabulka orientační ceny hlavních prvků	41

7. Seznam příloh

Příloha I: Zjednodušené pneuschéma

Příloha II: Výkresová dokumentace